Polskie Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji
oraz
Zakład Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie

Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji
Vol. 8, 1998, str. 12-1: 12-10
ISBN 83-906804-4-0

Adam Boroń

PRZYDATNOŚĆ APARATU CYFROWEGO MINOLTA RD 175 W FOTOGRAMETRYCZNYCH OPRACOWANIACH CYFROWYCH*

1. Wstęp

Fotograficzne aparaty cyfrowe nie są jeszcze powszechnie stosowane w praktycznych zadaniach rozwiązywanych metodami fotogrametrii cyfrowej. Przyczyny są następujące:
- niewielkie rozmiary płytek CCD w stosunku do rozmiaru klatki błony fotograficznej (mały kąt widzenia obrazu);
- niższa rozdzielczość od rozdzielczości emulsji fotograficznej;
- wysoka cena.

Niemniej jednak, poza tymi wadami posiadają one również wiele zalet do których zaliczyć można:
- szybki czas dostępu do obrazu cyfrowego po jego rejestracji (brak procesu negatywowego oraz skanowania jego wyników);
- możliwość zapisania w pamięci aparatu wielu obrazów;
- wysoka czułość płytek CCD umożliwiająca fotografowanie przy słabym oświetleniu;
- wierne oddanie barw (w przypadku barwnych aparatów cyfrowych);
- dobrej jakości korpusy i obiektywy sprawdzone w praktyce fotografii analogowej (np. Nicon 90 w aparacie cyfrowym Kodak DCS 200 itp.).

Rozwój fotografii cyfrowej sprawia, że aparaty cyfrowe posiadają obecnie coraz wyższą rozdzielczość oraz wymiary płytek CCD są również coraz większe. Ze względów dokładnościowych i ekonomicznych nie powinny być stosowane do inwentaryzacji kształtu dużych obiektów, natomiast dla obiektów małych (detale architektoniczne, malowidła, itp.) wydaje się celowym podjęcie próby oceny dokładności opracowań z wykorzystaniem obrazów cyfrowych pozyskanych za pośrednictwem aparatów cyfrowych.

W ramach grantu KBN* zakupiony został aparat cyfrowy Minolta RD 175. Wyniki badania tego aparatu stanowią treść artykułu. Przedstawiona w nim zostanie charakterystyka aparatu, wyniki jego kalibracji, badania stabilności obrazu, oraz dokładność opracowania modelu testowego na VSD.

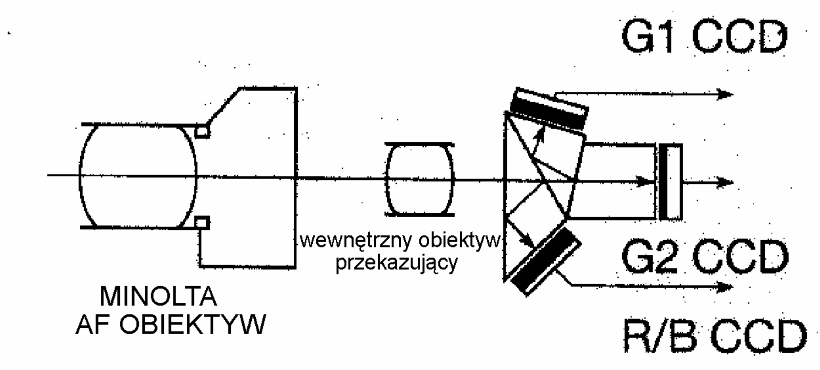
* Praca zrealizowana w ramach projektu KBN: „Dokumentacja zabytków w ramach systemu informacji terenowej z wykorzystaniem kamer niemetrycznych i fotografii cyfrowej”

2. Charakterystyka aparatu cyfrowego Minolta RD 175

Aparat cyfrowy MINOLTA RD 175 (Rys. 1) skonstruowany jest na bazie lustrzanki jednoobiektywowej MINOLTA DYNAX 500. Rozwiązanie to umożliwia stosowanie do tego aparatu całej gamy wymiennych obiektywów Minolty oraz jej lamp błyskowych. Pamięć do zapisu obrazów stanowi karta PCMCIA Typ III będąca miniaturowym dyskiem o pojemności 130 MB. Na karcie można zapisać 114 skompresowanych obrazów w formacie własnym *.mdc, o pojemności 1.1 MB każdy. Aparat wyposażony jest w obiektyw zmiennoogniskowy w zakresie od 24 mm – 85 mm. Czułość przeliczeniowa aparatu jest bardzo wysoka i odpowiada światłoczułości filmu – 800 ASA.



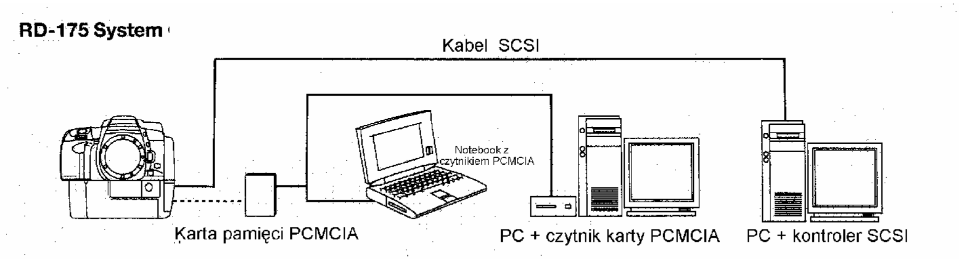
Rys. 1: Aparat cyfrowy MINOLTA RD 175



Rys. 2: Schemat tworzenia barwnego obrazu cyfrowego w Minolcie RD 175

Rozdzielczość finalna obrazów wynosi 1528 x 1146 piksele. Zarejestrowany obraz cyfrowy odpowiada obrazowi utworzonemu przez obiektyw o rozmiarach ok. 16x12mm. A zatem wielkość 1 piksela w naturze odpowiada powierzchni obrazu ok. 10x10µm. Osiągnięto taki rezultat pomimo zastosowania trzech tanich, typowych dla kamer video, płytek CCD o wymiarach 6.4x4.8 mm i rozdzielczości 768x494 piksele.

Sposób tworzenia obrazu barwnego tzw. „dual green system” ***[Henshall J., 1996]*** pokazany jest na rys.2. Obraz rzeczywisty tworzony przez obiektyw właściwy aparatu jest pomniejszany przez dodatkowy, wewnętrzny obiektyw i przekazywany przez blok trzech pryzmatów do odpowiednich płytek CCD. Ze względu na najwyższą czułość i rozdzielczość ludzkiego wzroku w zakresie koloru zielonego spektrum zastosowano dwie płytki CCD z filtrem zielonym G1 i G2. Trzecia płytka CCD posiada nałożony mikrofiltr pasmowy czerwono-niebieski. Dodatkowo płytka G1 w stosunku do G2 jest fizycznie przesunięta o połowę wartości odstępu pomiędzy sensorami w kierunku poziomym i pionowym. Takie ustawienie płytek zielonych względem siebie umożliwia próbkowanie obrazu w zakresie zieleni dwukrotnie gęściej niż nominalna rozdzielczość płytki. Podwójny filtr pasmowy czerwono-niebieski na trzeciej płytce powoduje natomiast, że w zakresie koloru niebieskiego i czerwonego rozdzielczość optyczna jest dwukrotnie mniejsza niż rozdzielczość płytki. Wskutek takiego rozwiązania wartości składowych R i B dla czterokrotnie gęściej próbkowanych „pikseli G” muszą być interpolowane.



Rys. 3: Sposoby importowania plików obrazowych z aparatu do komputerów PC

Zapisane w pamięci aparatu skompresowane obrazy muszą być dalej przekazane do komputera, gdzie po wczytaniu i dekompresji mogą być wykorzystane. Istnieją dwa sposoby transmisji danych z aparatu do komputera (Rys.3). Jeden polega na połączeniu aparatu poprzez interfejs SCSI bezpośrednio z komputerem. Sposób ten wymaga zainstalowania w komputerze sterownika SCSI. Drugi natomiast wymaga wyjęcia z aparatu karty pamięci PCMCIA i włożenia jej do komputera posiadającego czytnik takich kart. Ponieważ system PCMCIA jest standardem światowym (notebooki wyposażane są standardowo w takie czytniki) dlatego łatwo można dokupić dodatkowe karty pamięci (różnych producentów), jak również dokupienie zewnętrznego czytnika kart umożliwi współpracę aparatu z każdym komputerem nie posiadającym karty SCSI.

Dane techniczne

Typ aparatu	Aparat cyfrowy SLR z wbudowanym fleszem, funkcją autofocus (AF), i funkcją autoekspozycji (AE)
Tryby ekspozycji	Programy: P Mode - automatyczny A Mode - priorytet przysłony S-Mode, - priorytet migawki Manual - ustawiana migawka i przysłona
Obiektyw	AF 24-85/6.7 ZOOM –
Tryb lampy błyskowej	TTL automatyczny dla wbudowanej lampy błyskowej oraz wszystkich lamp błyskowych MINOLTA
Finalna ilość pikseli obrazu	1.75 miliona pikseli
Finalna zdolność rozdzielcza	1528(h) x 1146(v) pikseli
Czas rejestracji obrazu	2 sekundy/obraz
Interface	SCSI-2
Wielkość obrazu (skompresowan)	1.1 MB
Metoda kompresji obrazu	Minolta Exclusive
Wielkość obrazu (interpolowany)	5 MB
Pamięć obrazów	Karta PCMCIA Type II/III ATA / 130 MB
Max. ilość obrazów.	114 obrazów/kartę
Filtrowanie	3 CCD (G, G, R/B) Dual Green System
Rozdzielczość optyczna (CCD)	768 x 494 x 3 (3, 1/2" CCDs)
Ilość pikseli optycznych (CCD)	380,000 x 3
Kompensacja bieli	Automatyczna,Ustawiana (3200K/ 5500K/ Flesz/ Świetlówka)
Zapis koloru	24 bity (8 /R, 8/G, 8/B)
Czas rozpakowania obrazu (PC)	25 s.
Czułość	ISO 800
Zakres migawki	1/2 - 1/2000 s.
Obiektywy wymienne	Wszystkie obiektywy Minolta Maxxum AF od 16mm fisheye do 600mm telephoto, plus obiektywy Macro
Wielkość	161 x 11.2 x 139.5 mm
Waga	900g korpus (bez obiektywu)

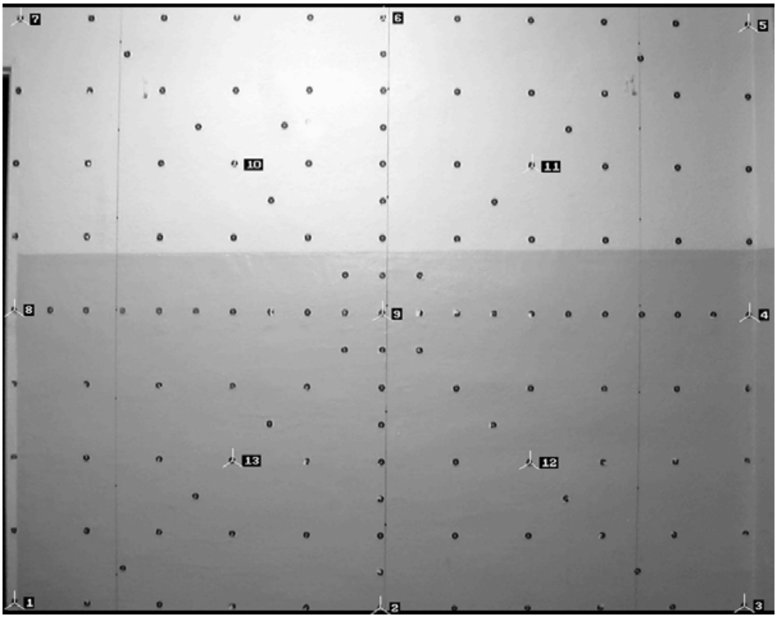
3. Badanie stabilności obrazów cyfrowych.

W aparatach cyfrowych, w przeciwieństwie do aparatów fotograficznych i kamer fotogrametrycznych, w płaszczyźnie obrazu nie występują żadne stałe punkty odniesienia w postaci odfotografowanych stykowo znaczków tłowych lub naroży ramki obrazu. Na obrazach cyfrowych punktami odniesienia, z konieczności, muszą być narożniki samego obrazu. Wymiary każdego rejestrowanego obrazu cyfrowego są zawsze takie same , dlatego definicja położenia punktu w układzie obrazu powinna być równoznaczna z określeniem położenia punktu na zdjęciu analogowym w układzie np. znaczków tłowych. Przyjęte założenie jest prawdziwe pod warunkiem, że aparat cyfrowy wykazuje się stabilnością rejestracji obrazów cyfrowych. Pod pojęciem stabilności rejestracji rozumiem powtarzalność geometryczną obrazów rejestrowanych nieruchomym aparatem. Wskutek elektronicznego zapisu sygnałów analogowych z sensorów CCD zdarza się, że stabilność elektryczna układu rejestrującego, przekładająca się na powtarzalność geometryczną zobrazowań, osiągana jest

dopiero po pewnym czasie od włączenia urządzenia. Taki efekt zaobserwowano w trakcie badania kamery cyfrowej MINTRON MTV-1801 CB ***[Jachimski, Trocha, 1992]***. Dla stwierdzenia czy w aparacie cyfrowym MINOLTA RD 175 zjawisko to również ma miejsce przeprowadzono specjalne badania stabilności rejestrowanych obrazów.

Aparat umieszczono na stabilnym statywie naprzeciw płaskiego pola testowego (rys. 3) z równomiernie rozmieszczonymi punktami kontrolnymi. Zorientowano go w taki sposób aby punkty kontrolne wypełniły dokładnie cały kadr. Następnie wykonano 6 ekspozycji w odstępach 3 minutowych. Dla zapewnienia warunków powtarzalności zobrazowań wyłączono funkcję „autofocus” oraz wykonywano zdjęcia z wykorzystaniem samowyzwalacza.

Do analizy stabilności wybrano 13 punktów kontrolnych rozmieszczonych równomiernie na powierzchni obrazu. . Rozmieszczenie punktów pokazane jest na rys. 3.



Rys. 3: Jeden z obrazów cyfrowych do badania stabilności rejestracji

Pomiary obrazów cyfrowych wykonano z wykorzystaniem analitycznego autografu cyfrowego VSD, przy stałym, czterokrotnym powiększeniu obrazów (rozdzielczość pomiaru: 0.25 piksela). W pierwszym rzędzie, dla określenia dokładności pomiaru punktów kontrolnych, pomierzono je czterokrotnie na pierwszym obrazie. Następnie obliczono odchylenia standardowe dla wszystkich 13 pomierzonych punktów. Przeciętna wartość odchylenia standardowego wyniosła: $\sigma_x = \pm 0.14$ piksela oraz $\sigma_y = \pm 0.16$ piksela. Wielkości te mówią o dokładności pomiaru punktów pojedynczego obrazu. Porównanie odchyleń standardowych z pomiaru jednego obrazu z wielkościami odchyleń standardowych z pomiaru serii 6 obrazów wieloczasowych dostarczyła informacji o poziomie zmienności położenia punktów na tych obrazach. Dla wyznaczenia tych wielkości pomierzono jednokrotnie te same punkty na pozostałych pięciu obrazach. Obliczono ich odchylenia standardowe, a następnie ich wartości przeciętne dla całej serii. Uzyskano następujące wyniki:

σ_x = ±0.19 piksela oraz σ_y = ±0.20 piksela, co odpowiada w skali obrazu utworzonego przez obiektyw aparatu odpowiednio: ±1.9 μm oraz ±2.0 μm. Maksymalne odchyłki pomiędzy średnimi współrzędnymi punktów kontrolnych na pojedynczym obrazie, a średnimi współrzędnymi punktów kontrolnych z sześciu obrazów wyniosły: dx_{max} = 0.3 piksela (3μm.) oraz dy_{max} = 0.4 piksela (4μm.), a odchyłki przeciętne odpowiednio: 0.11 piksela (1.1μm.) i 0.13 piksela (1.3 μm.).

W świetle uzyskanych wyników można stwierdzić, że MINOLTA RD 175 charakteryzuje się bardzo dobrą stabilnością zobrazowań i można z powodzeniem stosować układ obrazu cyfrowego jako układ odniesienia przy opracowaniach fotogrametrycznych.

4. Kalibracja aparatu MINOLTA RD 175.

Aparat niemetryczny w opracowaniach fotogrametrycznych można wykorzystywać w trojaki sposób: albo kalibrować zdjęcia w trakcie prowadzonych obliczeń współrzędnych punktów odfotografowanego obiektu (samokalibracja) albo wyznaczyć elementy orientacji wewnętrznej i dystorsję dla aparatu, a następnie przyjmować wyznaczone wartości jako znane i postępować dalej tak jak przy opracowaniu zdjęć metrycznych, albo wykorzystywać zdjęcia niekalibrowane i funkcję DLT. Pierwszy sposób (najdokładniejszy) wymaga wykonania dużej ilości zdjęć obiektu, nadaje się głównie do opracowań punktowych, wymaga minimalnej ilości punktów dostosowania. W drugim przypadku, najczęściej wykorzystywanym w opracowaniach stereoskopowych, dokładność opracowania jest nieco niższa niż przy wykorzystaniu samokalibracji ze względu na gorsze warunki przecięcia promieni i mniejszą ilość zdjęć (warunki wykonania zdjęć stereoskopowych). Wymagane są tu min. trzy punkty dostosowania. W ostatnim przypadku (najmniej dokładnym) wykorzystanie funkcji DLT do opracowania zdjęć niemetrycznych wymaga dużej ilości punktów dostosowania (min. 6 dla każdego zdjęcia). Od ilości punktów kontrolnych i ich położenia na zdjęciach zależy dokładność opracowania.

Dokładność opracowań fotogrametrycznych z wykorzystaniem obrazów cyfrowych z MINOLTY RD 175 zależy w dużej mierze od powtarzalności elementów orientacji wewnętrznej, które po wyznaczeniu przyjmuje się jako znane, oraz wielkości kąta widzenia obrazu. W przypadku standardowego obiektywu zmiennoogniskowego AF 24-85mm warunek ten byłby trudny do realizacji ze względu na zmienność ogniskowej oraz odległości obrazowej tego obiektywu. Ponadto kąt widzenia obrazu tego obiektywu zawierajcy się w przedziale od 13° do 43°, jest nieduży (maksymalny - 43° odpowiada obiektywowi normalnokątnemu). Dla zwiększenia kąta widzenia oraz łatwego uzyskania powtarzalności ustawień obiektywu zakupiono dodatkowy obiektyw: Minolta: AF 20/2.8 o kącie widzenia obrazu 51° i ogniskowej 20 mm. Po zogniskowaniu tego obiektywu na ∞ (obiektyw wkręcony do oporu), dla przysłony 22 przednia granica głębii ostrości wynosi 0.6 m. Stąd wyznacznie stałej kamery dla takiego położenia obiektywu umożliwi zarówno łatwą mechaniczną powtarzalność ustawień obiektywu, jak również poprawne fotografowanie wszystkich obiektów o odległości przedmiotowej większej od 0.6 m.

Dla wyznaczenia elementów orientacji wewnętrznej obrazu oraz dystorsji obiektywu wykonano 5 zdjęć przestrzennego pola testowego. Pole testowe (fragment tego pola pokazany jest na rys. 3) składa się ze 160 punktów przyklejonych do ściany o znanych współrzędnych X,Y,Z (określonych metodą bezpośrednią z dokładnością ±0.3 mm) oraz 21 punktów poza płaszczyzną ściany (o nieznanych współrzędnych). Te ostatnie stanowią koraliki nanizane

na trzech rozciągniętych pionowo drutach. Na każdym drucie znajduje się po siedem koralików. Druty są umieszczone w odległości 0.5 i 1m. od płaszczyzny ściany. Zdjęcia zostały wykonane z odległości ok. 3m. od płaszczyzny testu w taki sposób aby oś aparatu celowała na środek testu. Jedno zdjęcie wykonano jako centralne, a cztery pozostałe z naroży pomieszczenia jak najbliżej stropu, posadzki i ścian bocznych. Taki sposób wykonania zdjęć miał zapewnić jak najbardziej korzystne warunki przecięcia promieni rzutujących.

Pomiary punktów testu na obrazach cyfrowych wykonano z wykorzystaniem programu VSD. Na każdym zdjęciu pomierzono jednokrotnie wszystkie widoczne punkty testu, przy rozdzielczości pomiaru 0.25piksela (czterokrotne powiększenie obrazu). Wyniki przedstawiono w układzie obrazowym przesuniętym z lewego górnego narożnika do środka obrazu. Translację zrealizowano z wykorzystaniem orientacji wewnętrznej w VSD. Tak przyjęty układ obrazu odpowiada układowi tłowemu zdjęcia.

Obliczenia elementów orientacji wykonano z wykorzystaniem programu ORIENT. Samokalibrację obliczono przyjmując stałość elementów orientacji wewnętrznej wszystkich zdjęć. Wskaźnik dokładności wyrównania „sigma 0” mówiący o błędzie wpasowania wiązki na zdjęciu wyniósł ±0.16 piksela. Jest to wartość bardzo mała, odpowiadająca dokładności pomiaru na obrazach cyfrowych. Obliczone wartości elementów orientacji wewnętrznej wyniosły odpowiednio:

- położenie punktu głównego w układzie obrazu:
  x_o = -13.73 piksela;
  y_o = -7.33 piksela;
- stała kamery:
  ck = 1925.32 piksela;
- parametry dystorsji radialnej określonej równaniem:

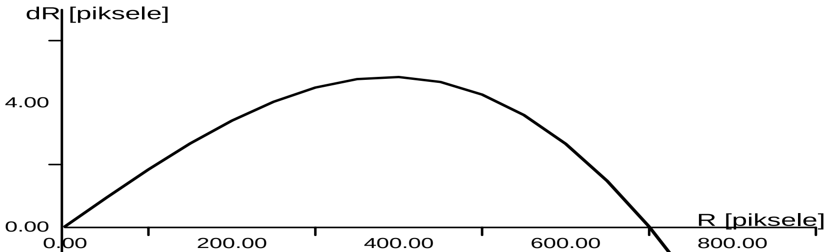
$$dR = \mathbf{a_3}\ r\ (r^2 - 1) + \mathbf{a_4}\ r\ (r^4 - 1) + ...$$

gdzie: dR - błąd dystorsji;
R - promień radialny;
R_o - promień radialny dla którego błąd dystorsji wynosi zero;
$r = R/R_o$ - znormalizowany promień radialny;
$\mathbf{a_3}, \mathbf{a_4}$ - współczynniki dystorsji radialnej;

wyniosły, dla przyjętego R_o = 700 pikseli:

$\mathbf{a_3}$ = -15.1490;
$\mathbf{a_4}$ = 1.9654.

Na rysunku 4 pokazany jest wykres tej obliczonej dystorsji radialnej. Jak widać z niego wartości błędów dystorsji mieszczą się w przedziale od +5 do –8 pikseli, czyli w skali tworzonego obrazu od +50 do –80 μm. Wykres ten obejmuje sumaryczną dystorsję radialną obiektywu AF 20/2.8 oraz wewnętrznego obiektywu przekazującego dla pola obrazu 11.5 x 15 mm i przyjętego promienia dystorsji zerowej R_0 = 700 pikseli.

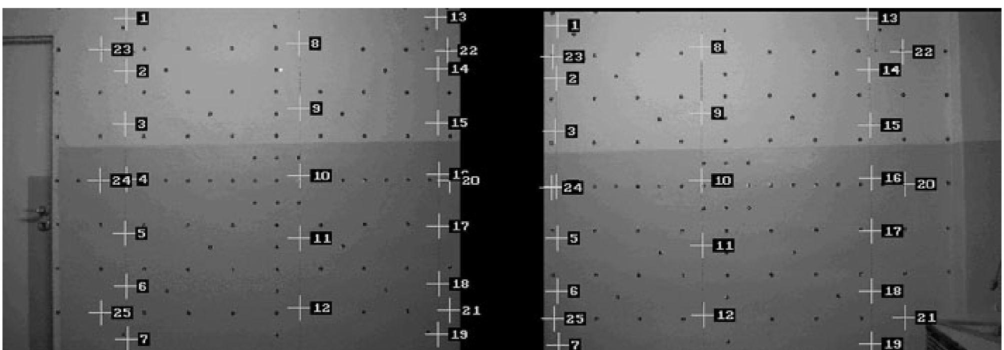


Rys. 4: Wykres dystorsji radialnej obiektywu MINOLTA AF 20/2.8

5. Dokładność opracowania modelu testowego.

Dla sprawdzenia dokładności opracowania zdjęć stereoskopowych wykonanych skalibrowanym aparatem wykonano testowy stereogram. Ze względu na potrzebę dużej ilość punktów kontrolnych do analizy dokładności obiektem fotografowanym było również przestrzenne pole testowe na którym wykonano samokalibrację. Z tym, że punkty kontrolne umieszczone na drutach posiadały już współrzędne X,Y,Z wyznaczone w procesie samokalibracji. Dokładność określenia tych punktów, dla wszystkich współrzędnych, wynosiła poniżej ±0.5 mm.

Stereogram wykonano jako stereogram zdjęć w przybliżeniu normalnych, o bazie długości 500 mm i osiach zdjęć symetrycznych względem środka testu. Odległość od płaszczyzny testu wynosiła ok. 3m. Zdjęcia wykonano przy zogniskowaniu obiektywu na ∞ i przysłonie 22 (tak samo jak przy zdjęciach do samokalibracji). Opracowanie stereogramu wykonano na VSD metodą orientacji stereogramu zdjęć metrycznych. Orientacja wewnętrzna polegała jedynie na translacji układu obrazowego do środka obrazu, w związku z tym wybór funkcji transformacji jest zupełnie dowolny. Następnie wykonano orientację wzajemną. Tutaj, dla uzyskania jak najlepszego modelu wykorzystano punkty równomiernie rozmieszczone na całym stereogramie, zarówno w płaszczyźnie ściany jak i na drutach. Ogółem do orientacji wzajemnej wykorzystano 24 punkty. Rozmieszczenie punktów do orientacji wzajemnej obrazuje rys. 6. Obliczenia orientacji wzajemnej w VSD poprzedziło wprowadzenie elementów orientacji wewnętrznej (x_0, y_0 i c_k) oraz wczytanie parametrów dystorsji radialnej z pliku *.adp. Średni błąd paralaksy poprzecznej, po orientacji wzajemnej wyniósł $m._p$ = ±0.21 piksela (±2.1 μm. w skali obrazu rzeczywistego).



Rys. 6: Stereogram testowy – pokazane rozmieszczenie punktów do orientacji wzajemnej

Orientację bezwzględną modelu na VSD wykonano w trzech wariantach. W pierwszym przyjęto 18 fotopunktów, rozmieszczonych równomiernie na całym modelu zarówno na drutach jak i na ścianie (9 na ścianie i 9 na drutach). W drugim ograniczono się do 5 fotopunktów (4 narożne w płaszczyźnie ściany i jednego pośrodku najdalszego druta). W trzecim przyjęto tylko trzy punkty narożne w płaszczyźnie ściany. Wyniki transformacji przestrzennej układu modelu do układu odniesienia (orientacja bezwzględna) dla punktów dostosowania były następujące:

- dla 18 punktów dostosowania: $m_X= \pm0.9$mm, $m_Y=\pm2.8$mm, $m_Z=\pm1.2$mm;
- dla 5 punktów dostosowania: $m_X= \pm1.7$mm, $m_Y=\pm1.8$mm, $m_Z=\pm0.8$mm;
- dla 3 punktów błędy są praktycznie równe zeru (minimum obserwacji).

Dla uzyskania informacji o rzeczywistej dokładności modelu pomierzono na nim wszystkie punkty testu zarówno na ścianie jak i na drutach (115 punktów), a następnie porównano ich współrzędne w układzie odniesienia z pomiaru na VSD, ze współrzędnymi z pomiaru bezpośredniego. Uzyskano następujące wyniki:

- przy 18 punktach dostosowania: $m_X= \pm0.9$mm, $m_Y=\pm3.0$mm, $m_Z=\pm1.2$mm;
- przy 5 punktach dostosowania: $m_X= \pm1.2$mm, $m_Y=\pm3.3$mm, $m_Z=\pm1.1$mm;
- przy 3 punktach dostosowania: $m_X= \pm1.0$mm, $m_Y=\pm3.6$mm, $m_Z=\pm1.1$mm.

Jak widać z zamieszczonych wyników, dokładność określenia współrzędnych z modelu jest w małym stopniu zależna od ilości punktów dostosowania, co świadczy o dobrze zbudowanym modelu po orientacji wzajemnej. Nawet dla trzech punktów dostosowania w tylnej płaszczyźnie modelu (bez punktów bliskich) wzrost błędu m_Y (w kierunku głębokości modelu) nie jest duży (20%). Trzykrotnie większy błąd w kierunku Y jest naturalną konsekwencją stosunku bazowego Y/B, który przyjmuje wartości od 6 (dla najdalszych punktów) do 4 (dla najbliższych punktów). Ostatecznie przeliczając błędy na piksele otrzymamy m_x i m_Y = ok. 0.7 piksela, co z kolei odpowiada 7μm. w skali obrazu optycznego. Uzyskane wyniki są porównywalne z dokładnościami uzyskiwanymi dla skanowanych zdjęć metrycznych.

6. Wnioski

- Z przeprowadzonych badań wynika, że aparat cyfrowy MINOLTA RD 175 charakteryzuje się stabilnym systemem zapisu obrazu.
- Wyznaczone elementy orientacji wewnętrznej i dystorsji są powtarzalne i umożliwiają stosowanie tego aparatu jako kamery semimetrycznej.
- Dokładność opracowania stereoskopowego na VSD nie odbiega od dokładności opracowania cyfrowych obrazów metrycznych.
- Ze względu na stosunkowo niewielkie pole obrazu (16x12mm) aparat ten wykorzystywany może być głównie do dokładnego opracowania obiektów o niedużych gabarytach.

Literatura:

Henshall J., 1996, *Minolta RD 175 = AGFA Actioncam*, The Photographer Magazine, May 1996;

Jachimski J., Trocha W., 1992, *Determination of the position of crosses with the subpixel accuracy on the image taken with the CCD Camera*, The International Archives of Photogrametry and Remote Sensing, vol. XXIX, Washington 1992.

Recenzował: dr inż. Krystian Pyka